

1/5/1  
 DIALOG(R)File 352:Derwent WPI  
 (c) 2002 Derwent Info Ltd. All rts. reserv.

012474384 \*\*Image available\*\*

WPI Acc No: 1999-280492/199927

XRAM Acc No: C99-082612

XRPX Acc No: N99-210366

Monitoring film growth during magnetron sputtering

Patent Assignee: NAT RES COUNCIL CANADA (CANA )

Inventor: CLARKE G A; OSBORNE N; SULLIVAN B T

Number of Countries: 005 Number of Patents: 005

Patent Family:

Patent No	Kind	Date	Applicat No	Kind	Date	Week
GB 2331764	A	19990602	GB 9725356	A	19971201	199927 B
DE 19852187	A1	19990602	DE 1052187	A	19981112	199928
CA 2254650	A1	19990601	CA 2254650	A	19981130	199947
JP 11241162	A	19990907	JP 98336022	A	19981126	199947
US 6110337	A	20000829	US 98200920	A	19981130	200043

Priority Applications (No Type Date): GB 9725356 A 19971201

Patent Details:

Patent No	Kind	Lan	Pg	Main IPC	Filing Notes
GB 2331764	A		19	C23C-014/54	
DE 19852187	A1			C23C-014/54	
CA 2254650	A1 E			C23C-014/52	
JP 11241162	A		7	C23C-014/34	
US 6110337	A			C23C-014/34	

Abstract (Basic): GB 2331764 A

NOVELTY - Film growth during sputtering is monitored by projecting a light beam on to the film. The beam is generated by a laser (37) outside the chamber through an optical fiber bundle (36), passes through an optical passage (31) in the sputtering source assembly, through the substrate target, and strikes an optical fiber leading to a detector outside the chamber.

USE - Monitoring growth of a thin film during magnetron sputtering.

ADVANTAGE - By passing the beam through the substrate target, growth can be monitored at near normal angles of incidence. Thus it is possible to fabricate complex coatings by sputtering, e.g. quarterwave multilayer coatings, which cannot be made without using continuous optical monitoring techniques.

DESCRIPTION OF DRAWING(S) - The figure shows a dual magnetron sputtering source in cross-section.

sputtering source assembly (1)

base plate (7)

ground plate (8)

vacuum chamber (20)

window (30)

optical passage (31)

optic fiber (36)

light source (37)

mechanical chopper (38)

collimating lens (39)

tilt stage (41)

pp; 19 DwgNo 4/6

Title Terms: MONITOR; FILM; GROWTH; MAGNETRON; SPUTTER

Derwent Class: M13; S02; U11; V05; V07; X14

International Patent Class (Main): C23C-014/34; C23C-014/52; C23C-014/54

International Patent Class (Additional): C23C-014/35; G01B-011/06;

G01M-011/08; G01N-021/55; G01N-021/84

File Segment: CPI; EPI

International Patent Class (Additional): C23C-014/34; C23C-014/54;

H01J-037/34; H05H-001/46

File Segment: CPI; EPI

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平11-241162

(43) 公開日 平成11年 (1999) 9月7日

(51) Int. Cl. °	識別記号	F I
C 2 3 C 14/34		C 2 3 C 14/34
14/35		14/35
14/54		14/54
G 0 1 B 11/06		G 0 1 B 11/06
		U
		Z
		E
		Z

審査請求 未請求 請求項の数24 OL (全 7 頁)

(21) 出願番号	特願平10-336022	(71) 出願人	595006223 ナショナル リサーチ カウンシル オブ カナダ カナダ国, ケー1エー 0アール6, オンタリ オ, オタワ, モントリオール ロード (番地 なし)
(22) 出願日	平成10年 (1998) 11月26日	(72) 発明者	ブライアン ティー. サリバン カナダ・オンタリオ ケー1ジェイ 6エス3 ・オンタリオ・グロスター・エルムリッジ ドライブ 1821
(31) 優先権主張番号	9 7 2 5 3 5 6. 1	(74) 代理人	弁理士 一色 健輔 (外2名)
(32) 優先日	1997年12月1日		
(33) 優先権主張国	イギリス (GB)		

最終頁に続く

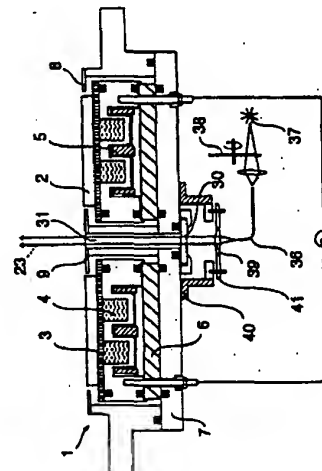
(54) 【発明の名称】 光学的にモニタできるスパッタリング方法及びそのための装置

(57) 【要約】

【目的】 成膜中の薄膜を光学的に連続してモニタすることが出来るスパッタ方法と、そのためのスパッタ源及びスパッタ装置を提供する。

【解決手段】 デュアルマグネトロンスパッタ源1は、基板26の近傍に配置されるようにした少なくとも1つのターゲット2と、そのスパッタ源1を貫通して設けられ、前記基板26に対してほぼ直角に入射すべく指向されるモニタ用光ビーム23の通路となる光路31とを備えている。このスパッタ源1を用いた基板上に薄膜をスパッタする方法は、真空容器中にあるスパッタ源1の近傍に基板26を配置する工程と、その基板26上での膜の成長を、その膜に対してほぼ直角に光ビーム23を入射させることによってモニタする工程とを備えており、前記光ビーム23はスパッタ源1内の光路31を通過する。

膜厚測定用光ビームがスパッタ源内の光路を通過する  
スパッタリング方法



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 被加工物上に薄膜をスパッタする方法であって、

真空容器中にあるスパッタ源の近傍に被加工物を配置する工程と、

被加工物上での膜の成長を、その膜に対してほぼ直角に光ビームを入射させることによってモニタする工程とを備え、前記光ビームはスパッタ源内の光路を通過するスパッタリング方法。

【請求項2】 前記光ビームはレーザによって発生される請求項1に記載のスパッタリング方法。

【請求項3】 前記光ビームは真空容器の外部で生成され、その真空容器に対向して設けられたウインドウとウインドウとの間に配置された基板を通過して、容器の外部にある検出手段に入射する請求項1又は請求項2に記載のスパッタリング方法。

【請求項4】 前記光ビームは真空容器の外部で生成され、前記光路中にあるウインドウを通過し、前記基板を通過して、容器内の基板の後方に配置された検出手段に入射する請求項1又は請求項2に記載のスパッタリング方法。

【請求項5】 前記光ビームは真空容器の外部で生成され、前記光路中にあるウインドウを通過し、前記基板を通過して、容器内の基板の後方に配置された光ファイバに入射し、その光ファイバは真空容器の外部にある検出手段に誘導されている請求項1又は請求項2に記載のスパッタリング方法。

【請求項6】 前記光ビームは前記基板の後方に配置された光ファイババンドルから射出され、その基板及び光路を通過し、ウインドウを通じて真空容器の外部にある検出手段に到達する請求項1又は請求項2に記載のスパッタリング方法。

【請求項7】 前記ウインドウには光の透過率を向上させるための反射防止コーティングが施されている請求項3から請求項6までのいずれかに記載のスパッタリング方法。

【請求項8】 マグネトロンを用いたスパッタリングが採用される請求項1から請求項7までのいずれかに記載のスパッタリング方法。

【請求項9】 前記スパッタ源は一对のターゲットを備え、それらのターゲットの間に光路が設けられている請求項1から請求項8までのいずれかに記載のスパッタリング方法。

【請求項10】 前記の光路は、前記ターゲットの間に配置されているアースプレートの中央部分を通じて穿設されている請求項9に記載のスパッタリング方法。

【請求項11】 前記光路上に設けられた傾斜手段によって光ビームが整合される請求項1から請求項10までのいずれかに記載のスパッタリング方法。

【請求項12】 被加工物の近傍に配置されるようにし

た少なくとも1つのターゲットを備えるとともに、前記被加工物に対してほぼ直角に入射すべく指向されるモニタ用光ビームの通路となる光路が貫通して設けられていることを特徴とするスパッタ源。

【請求項13】 相隣り合って配置された一对のターゲットを有し、前記光路はそれらのターゲットの間に設けられている請求項12に記載のスパッタ源。

【請求項14】 前記ターゲットはアースプレートの中央部分によって分離されており、前記光路はその中央部分に設けられた1つの中央孔部を含んでいる請求項13に記載のスパッタ源。

【請求項15】 前記光路を封止するウインドウをさらに備えている請求項14に記載のスパッタ源。

【請求項16】 前記光路上に光ビームを整合させる傾斜手段をさらに備えている請求項12から請求項15までのいずれかに記載のスパッタ源。

【請求項17】 真空容器と、その真空容器に設けられたスパッタ源と、そのスパッタ源の近傍に配置することができる被加工物支持手段と、そのスパッタ源を貫通して設けられ、被加工物に対してほぼ直角に入射するようにした光ビームの通路となる光路とを備えたことを特徴とするスパッタ装置。

【請求項18】 前記光ビームを前記被加工物及び検出手段に入射させる光源をさらに含む請求項17に記載のスパッタ装置。

【請求項19】 前記光源は、前記光路の前面に配置され、前記光路を通じて前記光ビームを前記被加工物に照射するとともに、その被加工物を通じて前記検出手段に入射させる請求項18に記載のスパッタ装置。

【請求項20】 前記検出手段は前記真空容器の外部に配置され、前記真空容器内には、前記光ビームを通過させる光路と対向してウインドウが設けられている請求項18に記載のスパッタ装置。

【請求項21】 前記検出手段は前記真空容器の外部に配置され、前記光ビームを前記検出手段へ案内する光ファイババンドルが前記被加工物の後方に配置される請求項18に記載のスパッタ装置。

【請求項22】 前記光源は、被加工物支持手段の後方に配置されて前記被加工物を通じて前記光路に光を入射させ、さらに前記真空容器の外部に配置されている検出手段に入射させる請求項18に記載のスパッタ装置。

【請求項23】 前記スパッタ源は、少なくとも2組のターゲットを有し、それらのターゲットの間にはアースプレートの中央部分が設けられており、前記光路はその中央部分にウインドウを備えた孔部を含んでいる請求項17から請求項22までのいずれかに記載のスパッタ装置。

【請求項24】 検出手段又は光源を取り付けて前記光ビームを精密に整合させるべく、前記真空容器の外部で前記光路上に設けられる傾斜手段をさらに備えている請

求項23に記載のスパッタ装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】この発明はスパッタリング処理に係わり、特にスパッタリングプロセスを高度に制御することを可能とする、基板上に薄膜をスパッタリングする方法及び装置に関する。

【0002】

【従来の技術】スパッタリングは、タンタルあるいはシリコン等のターゲットに、真空容器中でイオンを打ち込むプロセスである。この打込みによりターゲットの表面から原子が放出され、基板上に付着して薄膜を形成する。光透過性を有する膜の場合、酸素や窒素等の反応性のガスが存在してもよい。このような反応性ガスにより、基板上に酸化薄膜や窒化薄膜を形成することができる。多層光学コーティングを設計する際には、付着させる膜厚を正確に制御することが非常に重要である。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】従来は、成長している膜に光ビームを透過させ、主として光学的干渉効果による透過率や反射率の変化を測定することにより、膜厚をモニタしていた。関連する光学的定数に関する知見を用いれば、膜厚を計算することができる。しかし、従来のマグネトロンスパッタリングにおいては、基板をターゲットに近接して配置し、最大限に付着速度及び膜厚の均一性を高めなければならない。この距離は一般に、10ないし20cm程度である。基板がターゲットに近接しているため、斜めの方向以外から光学的にモニタすることは非常に困難である。その結果、光ビームのスポットは広い範囲に広がり、ビームは振動の影響を非常に受けやすくなる。

【0004】ほぼ直角の方向から膜の成長をモニタする唯一の方法は、ターゲットと基板との間の間隔を広げ、基板をターゲットから空間的にオフセットさせて、光が基板を透過するようにすることである。しかし、基板をターゲットから離すと、付着速度が著しく低下し、さらに問題なのは、打込みエネルギーが減少するために、付着した膜の微小構造の質が低下する可能性があることである。

【0005】斜めの角度から反射を用いて光学的にモニタすることも、理論的には可能である。しかし、入射角が約15°を超えると分極効果の影響が大きくなり、実際にこの手法を利用することは非常に難しくなる。

【0006】上記のような制約によって、ある種のコーティング作業は不可能とはいわないまでも、非常に困難になっている。例えば、四分の一波長コーティングは、連続的に光学モニタすることなくスパッタリングしても、正確に生成することはできない。

【0007】また、その他に、光学的モニタに対する要求としては、ビームの整合性を高いレベルで正確に保つ

ことがある。スパッタ容器内の部品は、熱膨張や圧力変化のために、相当量移動することがあるから、付着工程の全体を通じて光ビームが膜及び検出器の同一の場所に入射するようにして系統的な検出誤差を避けることが重要である。本発明の目的は、このような問題点を軽減することにある。

【0008】

【課題を解決するための手段】本発明によれば、被加工物上に薄膜をスパッタする方法であって、真空容器中にあるスパッタ源の近傍に被加工物を配置する工程と、被加工物上での膜の成長を、その膜に対してほぼ直角に光ビームを入射させることによってモニタする工程とを備え、前記光ビームはスパッタ源内の光路を通過するスパッタリング方法が提供される。

【0009】また、本発明によれば、被加工物の近傍に配置されるようにした少なくとも1つのターゲットを備え、前記被加工物に対してほぼ直角に入射すべく指向されるモニタ用光ビームの通路となる光路が貫通して設けられたスパッタ源が提供される。

【0010】さらに、本発明によれば、真空容器と、その真空容器に設けられたスパッタ源と、そのスパッタ源の近傍に配置することができる被加工物支持手段と、そのスパッタ源を貫通して設けられ、被加工物に対してほぼ直角に入射するようにした光ビームの通路となる光路とを備えたスパッタ装置が提供される。

【0011】

【発明の実施の形態】以下に、本発明の実施の形態につき、添付図面を参照しながら詳細に説明する。図4ないし図6は、従来のデュアルマグネトロンスパッタ源の構成を例示している。図4及び図5を参照すると、従来のデュアルマグネトロンスパッタ源1は、銅プレート3上に配置された一対のターゲット2を有している。前記銅プレート3は、冷却水流路4、磁石5、絶縁プレート6及びベースプレート7を、それ自体としては既知の手法で組合せてなる部品に取り付けられている。なお、このプレート3は、銅以外の適当な材料を用いて製作してもよい。

【0012】アース保護シールド8が前記ターゲット2を取り囲んでおり、中央部分9はそれらのターゲット2の周囲とその間に延在している。アースシールド8は、ベースプレート7に設けられ、これと電気的に接続されている。リング10は、スパッタ源1をシールドしている。フィードスルー11により、電極12がAC電源13に接続できるようになっている。以上説明したスパッタ源1は従来のものであり、日本の株式会社シンクロンが製造しているデュアルマグネトロンスパッタ源が例としてあげられる。

【0013】図6に示すように、スパッタ源1は真空容器20の壁部に取り付けられている。真空容器20の直径を挟んだ対向する位置にウインドウ21、22が設け

られ、光ビーム23が通過できるようになっている。この光ビーム23は単一波長の光、すなわちレーザ光であってもよいし、あるいは白色光のビームであってもよい。白色光等の広帯域を有する光源を用いる場合には、被加工物である基板を通過した光をモノクロメータに集光して通過させ、目的とする1以上の波長を濾波するようにしてもよい。光を平行ビームとするためには、コリメータ素子（図示せず）を設ける必要がある。なお、「光(light)」という語は、可視光には限定されない。膜厚を測定するのに適した波長を適宜用いることができる。

【0014】開口部25を備えた回転可能な六角サポート24（基板支持手段）が、既知の手法で真空容器20の内部に配設されており、この開口部25上には基板26が取り付けられるようになっている。サポート24は回転可能で、基板26をスパッタ源1と対向する位置に配置して、スパッタリングを行うようにすることができる。また、周方向にオフセットした位置に別のスパッタ源を設けて、異なった成分をフィルムに連続的に付着させるようにしてもよい。一般に、光学フィルタの製造にあつては、高屈折率の層と低屈折率の層とを交互に付着させる。

【0015】すでに述べたように、デュアルマグネトロンスパッタ源にあつては、基板をスパッタ源から10ないし20cm以内に配置しなければならないが、このような制約のため、基板上の成膜状態をほぼ入射角が直角となる方向から連続して光学的にモニタすることは実際的ではない。磁石や冷却水ライン等の部品があるからである。したがって、図6の従来例にあつては、膜の性質を測定するためには、基板26をときどきスパッタ源1から検出手段である検出器27によって測定するため、光ビーム23の位置に回転させなければならない。それから基板26は所望の膜厚に達するまで、スパッタ源1に面する位置まで回転される。しかし、この方法は、基板上で実際に成膜している状態で連続して光学的に膜厚を測定することができず、精密なモニタ及び膜厚の制御ができないため、好ましくない。

【0016】図1ないし図3は、本発明の一実施形態に係るスパッタ装置を示している。図1及び図2に示されている本発明の一実施形態に係るスパッタ源1には、次のような改良が加えられている。すなわち、アースプレート8の中央部分9及びベースプレート7を貫通する光路31が設けられている。この光路31は、光ビームを通過させることができるものでなければならない。したがって、ウインドウ30に中央孔部を形成したものであってもよいし、あるいは光ファイババンドルと連係するコリメータ素子等を用いて、光ビームを搬送してもよい。例えば、光ファイバ又は光ファイババンドルを真空フィードスルーを通じて光路31内に引き込み、アースプレート8の中央部分9に達しない位置で終端させる。コリメー

タレンスは、その光ファイバの端部に設けることができ、また、ターゲット周辺のスパッタリング領域から離しておくために光路31内に凹設してもよい。

【0017】光源37からの光は、機械式チョッパ38を通過させることによって既知の周波数で断続するビームとなる。これにより、ロッキングアンプを集められた光に同期させ、真空容器内の他の光から分離することができる。分離された光は光ファイバ36に入射され、傾斜手段としての傾斜台41に取り付けられたコリメータレンズ39に送られる。傾斜台41は、ベースプレート7に設けられた剛体のフレーム40に固接されている。コリメータレンズ39は光ビーム23を生成し、それはウインドウ31を介して真空容器内に入射される。

【0018】前記傾斜台41（米国ニューポート社製LP-05タイプ5軸ジンバル光学マウント）は、x、y、z軸方向への移動と、x、y軸まわりの回転（ $\theta_x$ 、 $\theta_y$ 回転）が可能である。これにより、真空容器20に入射される前に、光ビームを非常に精密に整合させることができる。

【0019】図3に図示するように、スパッタリングプロセス中に基板サポート24を回転させて、ほぼ基板26に直角な状態で透過率あるいは反射率による膜厚測定を行う必要はない。光ビーム23は、膜が成長している基板26をほぼ直角の入射角をもって直接通過する。光ビーム23は、ウインドウ22を介して真空容器20の外部へ出て、検出器27に達する。検出器27は、基板26の透過率を測定する。この透過率は、膜が成長するにつれて、干渉効果又は吸収効果あるいはそれら両方の効果のために変化する。膜厚は、従来の技術によって知られる関連する光学的定数から計算することができる。検出器27は、フォトダイオード等の検出素子を含み、さらに、光学レンズ、ファイバ、モノクロメータ、フィルタ等を含むことがある。

【0020】デュアルターゲット形のスパッタ源1の構成は、光路31を設けるのに特に好適である。それは、光路31が穿設される中央部のプレートはアース電位であるために、高電圧に対する場合のような特別の対策をとる必要がないからである。なお、ターゲットは、通常600V程度の電圧で動作する。

【0021】チョッピング周波数に同期するロッキングアンプ（図示せず）により、光源37からの光が真空容器20内のプラズマが発生する周囲の光から分離される。また、光源37が広帯域の光源である場合には、検出器27の上流側にモノクロメータを設けて、目的とする1以上の波長を分離することができる。

【0022】本システムを利用して、スパッタリングプロセス中の膜厚を連続して精密に測定することができる。その結果、基板をスパッタ源に近接させて四分の一波長モニタを行うスパッタリングによって、四分の一波長フィルタを製作することが可能となった。このような

複雑なコーティングは、連続して光学的にモニタする技術を利用しなければ、製作することができない。

【0023】本発明の重要なポイントは、モニタ用の光ビーム23を基板26に対してほぼ直角に入射させることである。このような構成を得るために、一つの方法としては、図3に示すように、ウインドウ30、22及び中央孔部を介して光を通過させる。入射角がほぼ直角とは、許容される測定誤差の範囲内で、光ビームが基板の表面に対して実質的に直交するように伝搬することにより、概ね分極効果が問題とならないという意味である。この角度は一般に真の直角に対して $\pm 15^\circ$ 以内であるが、光源の側方から基板に光を当てた場合には、このような角度を得ることができない。なお、「ほぼ直角」とは、いうまでもなく、正確な直角をも包含する意味である。

【0024】他の方法としては、光源37に隣接して検出器27を配置し、ウインドウ30の前面で $2^\circ$ 又は $3^\circ$ オフセットさせる。そして、光ビーム23が光路31を通じて真空容器20の中へ入射し、基板26に反射されて光路31を戻り、検出器27又は光源37に隣接するファイバに入るようにする。さらに他の方法としては、真空容器20内の基板26の後方に検出器27を配置するか、あるいは基板26の後方に光ファイババンドルを配置して、そのファイババンドルを出た光が真空容器20の外部にある検出器27に到達するようにする。

【0025】他のオプションとしては、真空容器20の外部においてスパッタ源1の前面に検出器27又はファイバを配置することにより、真空容器20内の基板26の後方に光源37を配置し、基板26を通じて伝搬してくる光をモニタし、そして、ウインドウ30を介して外部へ通過させる。この場合、検出器27を傾斜台41に設けて、光源37との整合を図るようにする。後者の構成による利点は、ターゲットの間の整合性が得られることである。光学フィルタは、低反射率の層と高反射率の層とを基板上に交互に付着させることによって製作される。このため、サポート24は異なったスパッタ源1の前面に基板26を位置させるべく回転される。背面光源を使用する場合、光源は付着プロセス同士の間で基板26に対して移動しない。その結果、異なる層をモニタする際の整合性をより高めることができ、また正確性も高めることができる。

【0026】必要であれば、光路31のウインドウ30に反射防止コーティングを施して、真空容器20内への

入射光量を増加させることができる。

【0027】光路31は単純な透孔でもよく、あるいは真空容器20内部の光路31に配置されるコリメータ素子と連係する光ファイババンドルによって構成してもよい。

【0028】

【発明の効果】以上詳細に説明したように、本発明によれば、被加工物上での膜の成長を、その膜に対してほぼ直角に光ビームを入射させることによって、連続して光学的にモニタすることができるので、膜厚の正確な制御等、スパッタリングプロセスを高度に制御することができ、従来は不可能であった複雑なコーティングなどが可能となる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明によるデュアルマグネトロンスパッタ源の断面図である。

【図2】本発明によるデュアルマグネトロンスパッタ源の動作側の平面図である。

【図3】本発明によるデュアルマグネトロンスパッタ装置の断面図である。

【図4】従来のデュアルマグネトロンスパッタ源の断面図である。

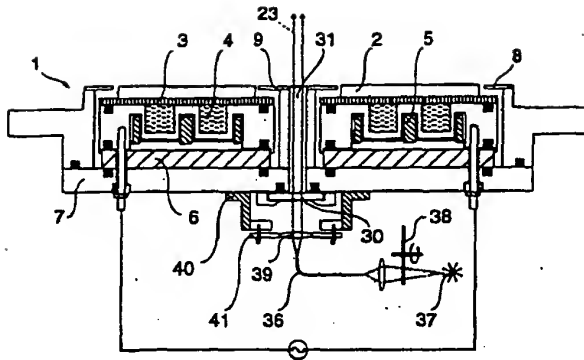
【図5】従来のデュアルマグネトロンスパッタ源の動作側の平面図である。

【図6】従来の光学モニタ付きデュアルマグネトロンスパッタ装置の断面図である。

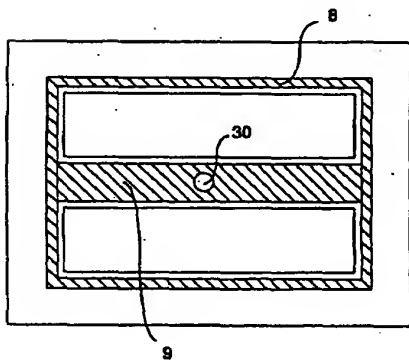
【符号の説明】

- 1 デュアルマグネトロンスパッタ源（スパッタ源）
- 2 ターゲット
- 8 アース保護シールド
- 9 中央部分
- 20 真空容器
- 23 光ビーム
- 24 基板サポート（被加工物支持手段）
- 26 基板（被加工物）
- 27 検出器（検出手段）
- 30 ウインドウ
- 31 光路
- 36 光ファイバ
- 37 光源
- 39 コリメータレンズ
- 41 傾斜台（傾斜手段）

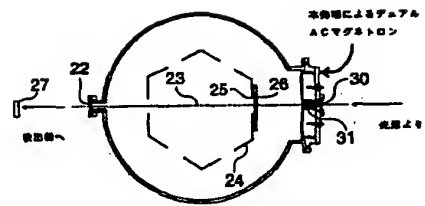
【図1】



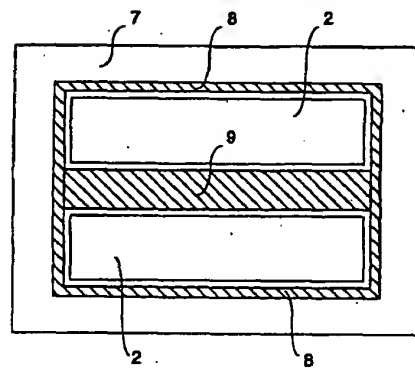
【図2】



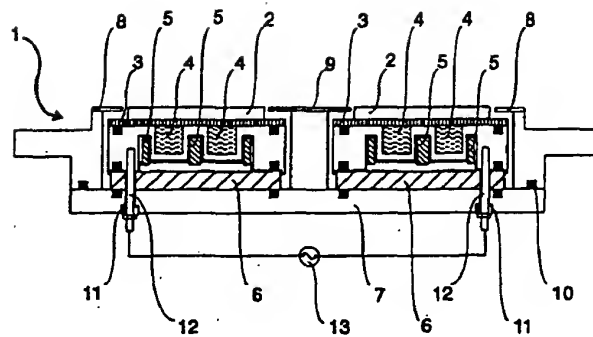
【図3】



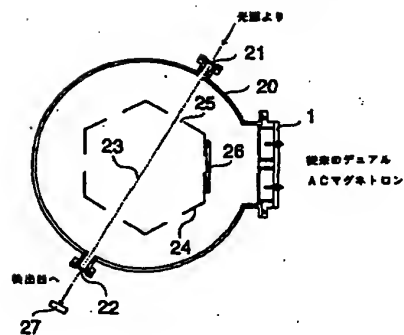
【図5】



【图4】



【図6】



フロントページの続き

(72)発明者 グレン エー. クラーク  
カナダ・オンタリオ ケー1アール 5エ  
ス3・オタワ・フローラ ストリート  
284・アパートメント #1

(72)発明者 ノーマン オズボーン  
カナダ・オンタリオ ケー1エヌ 6イー  
8・オタワ・ダリー アヴェニュー  
173・アパートメント #0